

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ  
Подільський державний аграрно-технічний університет  
Таврійський державний агротехнологічний університет

**В.І. Дуганець, І.М. Бендера, В.А. Дідур,  
С.Л. Олексійко, Я.М. Михайлович Т.Д. Гуцол,  
П.П. Краснолуцький, В.В. Чекменьов**

# ГІДРАВЛІКА

**Навчальний посібник для студентів агроінженерних вищих  
навчальних закладів напрямку 6.100102  
«Процеси, машини і обладнання агропромислового виробництва»  
на освітньо-кваліфікаційному рівні «Бакалавр»**

*Навчально-методичний комплекс дисципліни*

Кам'янець-Подільський  
ФОН Сисин О.В.



Абетка  
2013

**Автори:** *Дуганець В.І.*, кандидат технічних наук, доцент;  
*Бендери І.М.*, доктор педагогічних наук, професор;  
*Дідур В.Л.*, доктор технічних наук, професор;  
*Олексійко С.Л.*, викладач;  
*Михайлович Я.М.*, кандидат технічних наук, професор;  
*Гуцол Т.Д.*, кандидат технічних наук, доцент;  
*Краснолуцький П.П.*, кандидат технічних наук, доцент;  
*Чекменьов В.В.*, кандидат технічних наук, доцент

**За редакцією** *В.І. Дуганця, І.М. Бендери, В.А. Дідура.*

**Рецензенти:** *Булгаков В.М.*, доктор технічних наук, професор НУБіП, член-кореспондент НААН України;  
*Водяник І.І.*, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри тракторів, автомобілів та енергетичних засобів Подільського державного аграрно-технічного університету;  
*Атаманчук П.С.*, доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри методики викладання фізики та дисциплін технологічної галузі Кам'янець-Подільського національного університету.

Гідравліка: Навчально-методичний комплекс. Навчально-методичний посібник. /

Г46 В.І.Дуганець, І.М.Бендера, В.А. Дідур та ін. За ред. В.І. Дуганця, І.М.Бендери, В.А. Дідура. - Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин О.В. 2013. -572 с.  
ISBN 978-617-539-131-0

Комплекс призначений для самостійного вивчення дисципліни в умовах кредитно-модульної організації навчального процесу студентами аграрних вищих навчальних закладів денної та заочної форми навчання напряму 6.100202 «Процеси, машини і обладнання агропромислового виробництва».

Навчально-методичний посібник містить навчально-методичний комплекс з дисципліни «Гідравліка», в який входять: навчальна програма з дисципліни; викладений лекційний матеріал, питання для самоконтролю та літературні джерела з кожної теми; інструктивні матеріали до лабораторних та практичних занять; тематика та індивідуальні завдання для самостійної роботи; завдання для контролю якості знань; список рекомендованої літератури і додатки.

Для студентів та науково-педагогічних працівників агроінженерних вищих навчальних закладів.

УДК 621.221(072)  
ББК 40.7Я7

# ЗМІСТ

<b>ПЕРЕДМОВА.....</b>	<b>5</b>
<b>РОЗДІЛ 1. ОСНОВНІ ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ.....</b>	<b>8</b>
1.1. Загальні терміни та визначення .....	8
1.2. Специфічні терміни дисципліни «Гідравліка».....	16
1.3. Нормативні документи.....	23
<b>РОЗДІЛ 2. ОРГАНІЗАЦІЯ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ.....</b>	<b>26</b>
2.1. Нормативно-правова база організації навчального процесу .....	26
2.2. Форми організації навчання .....	27
2.3. Навчальний час студента .....	34
2.4. Робочий час викладача .....	36
2.5. Форми навчання .....	37
2.6. Науково-методичне забезпечення навчального процесу .....	38
<b>РОЗДІЛ 3. ТИПОВА ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ .....</b>	<b>39</b>
3.1. Структура та характеристика навчальної дисципліни «Гідравліка» .....	40
3.2. Передмова.....	40
3.3. Теоретичні заняття.....	43
3.4. Орієнтовний перелік тем практичних занять .....	44
3.5. Орієнтовний перелік тем лабораторних занять .....	45
3.6. Самостійна робота студентів.....	45
3.7. Орієнтовний перелік тем для самостійної роботи .....	46
3.8. Орієнтовний розподіл балів, що присвоюються студентам за модулями, змістовими модулями навчальної дисципліни.....	47
3.9. Критерії та шкала оцінювання знань і умінь студентів .....	48
<b>РОЗДІЛ 4. ЛЕКЦІЙНИЙ КУРС .....</b>	<b>51</b>
4.1. Методичні рекомендації викладачам щодо проведення лекцій.....	51
4.1.1. Що повинен пам'ятати викладач, готуючись до лекції? .....	53
4.1.2. Що повинен пам'ятати викладач, працюючи над складанням опорного конспекту? .....	55
4.2. ЛЕКЦІЯ №1. Вступ. Загальні відомості.....	58
4.3. ЛЕКЦІЯ №2. Основні положення гідро статички .....	68
4.4. ЛЕКЦІЯ №3. Сили гідростатичного тиску на поверхні.....	84
4.5. ЛЕКЦІЯ №4. Основи гідродинаміки. Рівняння Бернуллі.....	100
4.6. ЛЕКЦІЯ №5. Основи теорії подібності.....	117
4.7. ЛЕКЦІЯ № 6. Основи руху реальної рідини. Опори і втрати напору при русі рідини .....	122
4.8. ЛЕКЦІЯ № 7. Витікання рідини з отворів і протікання через насадки.....	134
4.9. ЛЕКЦІЯ № 8. Гідравлічний розрахунок напірних трубопроводів .....	145
4.10. ЛЕКЦІЯ № 9. Динамічні гідравлічні машини.....	160
4.11. ЛЕКЦІЯ № 10. Особливості сільськогосподарського водопостачання .....	179
4.12. ЛЕКЦІЯ №11. Об'ємні гідравлічні машини .....	195
4.13. ЛЕКЦІЯ № 12. Комплексна гідрифікація сільськогосподарської техніки.....	213
4.14. ЛЕКЦІЯ №13. Гідроенергетичні і вітроенергетичні установки.....	241
4.15. ЛЕКЦІЯ №14. Зовнішні та внутрішні водопровідні мережі .....	267
4.16. ЛЕКЦІЯ № 15. Основи гідромеханізації.....	291
<b>РОЗДІЛ 5. ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ .....</b>	<b>313</b>
5.1. Методика проведення лабораторних занять .....	313
5.2. Методичні вказівки для проведення лабораторних занять.....	317
5.2.1. Лабораторне заняття № 1. Прилади для вимірювання тиску ..	317
5.2.2. Лабораторне заняття № 2. Дослідження режимів руху рідини.....	323
5.2.3. Лабораторне заняття № 3. Дослідження рівняння Бернуллі...	330
5.2.4. Лабораторне заняття № 4. Дослідження втрат напору по довжині трубопроводу .....	336

5.2.1.	Лабораторне заняття № 5. Дослідження втрат напору місцевих опорів .....	345
5.2.2.	Лабораторне заняття № 6. Дослідження явища гідравлічного удару в напірному трубопроводі .....	353
5.2.3.	Лабораторне заняття № 7. Визначення основних параметрів і побудова робочої характеристики відцентрового насоса .....	361
5.2.4.	Лабораторне заняття № 8. Визначення загального ККД гідроприводу .....	371
<b>РОЗДІЛ 6.</b>	<b>МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ.</b>	<b>385</b>
6.1.	Методика проведення практичних занять .....	385
6.2.	Методичні вказівки для проведення практичних занять .....	389
6.2.1.	Практичне заняття № 1. Основні фізичні властивості рідин. Гідростатичний тиск .....	389
6.2.2.	Практичне заняття № 2. Тиск на плоскі та криволінійні поверхні .....	405
6.2.3.	Практичне заняття № 3. Закон Архімеда. Машини, які працюють на принципі законів гідростатики .....	416
<b>РОЗДІЛ 7.</b>	<b>ДІАГНОСТИКА ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ .....</b>	<b>425</b>
7.1.	Методика проведення діагностики знань .....	425
7.2.	Перелік програмних питань .....	427
7.3.	Перелік тестових питань з визначення фахової компетенції .....	430
7.4.	Варіанти тестових завдань .....	445
7.4.1.	Варіант 1 .....	445
7.4.2.	Варіант 2 .....	453
7.4.3.	Варіант 3 .....	460
7.4.4.	Варіант 4 .....	468
7.4.5.	Варіант 5 .....	476
<b>РОЗДІЛ 8.</b>	<b>МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ВИКОНАННЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ</b>	<b>486</b>
8.1.	Самостійна робота студентів очної форми навчання .....	486
8.2.	Алгоритм виконання розрахункової роботи .....	488
8.2.1.	Водопровідна мережа .....	488
8.2.2.	Визначення витрати води .....	489
8.2.3.	Гідравлічний розрахунок розподільного трубопроводу .....	490
8.2.4.	Розрахунок водонапірної споруди .....	491
8.2.5.	Вибір водопідіймального обладнання .....	493
8.2.5.1.	Водонапір «СВЕРДЛОВИНА» .....	493
8.2.5.2.	Водозабори «ШАХТНИЙ, РУСЛОВИЙ, БЕРЕГОВИЙ» .....	495
8.3.	Приклад виконання розрахункової роботи .....	499
8.4.	Самостійна робота студентів заочної форми навчання .....	514
8.4.1.	Прилади для вимірювання тиску .....	515
8.4.2.	Гідростатичні машини .....	519
8.4.3.	Дія тиску на плоску стінку .....	522
8.4.4.	Довгі трубопроводу. Паралельне і послідовне з'єднання труб. Сильфонний трубопровід. Гідравлічний удар .....	525
8.4.5.	Місцеві опори. Витікання рідини через отвори і наслідки .....	531
8.5.	Приклад виконання контрольної роботи .....	538
	<b>ДОДАТКИ .....</b>	<b>549</b>
	<b>ІМЕННИЙ ПОКАЖЧИК .....</b>	<b>564</b>
	<b>ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК .....</b>	<b>565</b>
	<b>СПИСОК СКОРОЧЕНЬ .....</b>	<b>567</b>
	<b>ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ .....</b>	<b>568</b>

# ПЕРЕДМОВА

Дисципліна «Гідравліка» викладається для студентів напряму 6.100202 «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва» циклу нормативної підготовки із загальним обсягом 72 години (кількість кредитів ЕСТ8 - 3,6).

На аудиторні заняття відводиться 50 години (лекцій 16 лабораторних-16, практичних 18, самостійна робота складає 22 години).

Форма підсумкового контролю - іспит.

## **Програмою дисципліни «Гідравліка» передбачено вивчення:**

- основних фізичних властивостей рідин;
- дію тиску на плоскі і криволінійні поверхні;
- основних законів гідростатики та їх практичне використання;
- режимів руху рідини;
- основних законів гідродинаміки;
- визначення втрат напору в трубопроводах;
- розрахунок трубопроводів різного призначення;
- витікання рідини з отворів та насадок;
- явища гідравлічного удару;
- розрахунок водопровідних мереж населених пунктів та вибір водопіднімального обладнання;
- визначення основних параметрів відцентрових насосів;
- конструкції гідравлічних машин;
- основ сільськогосподарського водопостачання.

**Мета дисципліни** - отримати теоретичні знання в галузі гідравліки, гідромашин, сільськогосподарського водопостачання, та оволодіти методами розв'язування інженерних задач, пов'язаних із використанням і застосуванням рідин у різноманітних галузях сільського господарства.

## **Завдання дисципліни**

**Методичні:** навчити студентів:

- користуватися навчально-методичною та науковою літературою для засвоєння теоретичних знань;
- розраховувати водопровідні мережі населених пунктів і вибирати технологічне обладнання для їх водопостачання;
- обґрунтовувати системи водопостачання населених пунктів.

# Розділ 1. ОСНОВНІ ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ

При складанні навчально-методичного комплексу і використання його у навчальному процесі впливають наступні загальні і специфічні терміни та визначення.

## 1.1. Загальні терміни та визначення

**Виробнича функція** (трудова, службова) - коло обов'язків, які виконує фахівець відповідно до займаної посади і які визначаються посадовою інструкцією або кваліфікаційною характеристикою.

**Вища освіта** - рівень освіти, який здобувається особою у вищому навчальному закладі в результаті послідовного, системного та цілеспрямованого процесу засвоєння змісту навчання, що ґрунтується на базовій загальній середній освіті та повній загальній середній освіті й завершується здобуттям особою певної академічної або (та) професійної кваліфікації за підсумками державної атестації в акредитованому закладі.

**Вищий навчальний заклад (ВНЗ)** - освітній, освітньо-науковий заклад, який заснований і діє відповідно до законодавства України про освіту, реалізує відповідно до наданої ліцензії освітньо-професійні програми вищої освіти за певними освітніми та освітньо-кваліфікаційними рівнями, забезпечує навчання, виховання та професійну підготовку громадян відповідно до їх покликання, інтересів, здібностей та нормативних вимог у галузі вищої освіти, а також здійснює наукову та науково-технічну діяльність.

**Галуzeвий стандарт вищої освіти** - сукупність норм, які визначають зміст вищої освіти, зміст навчання, засіб діагностики якості вищої освіти та нормативний термін навчання.

Галуzeві стандарти вищої освіти є основою оцінювання освітнього та освітньо-кваліфікаційного рівня громадян незалежно від форм одержання вищої освіти. Відповідальність освітніх послуг галуzeвим стандартам вищої освіти визначає якість освітньої та наукової діяльності вищих навчальних закладів.

**Галузь знань** - група напрямів підготовки, споріднених за ознакою спільності узагальнених структур діяльності.

**Державна атестація випускників вищих навчальних закладів** - процедура встановлення відповідності рівня якості та професійної підготовки після завершення навчання з певного освітньо-кваліфікаційного рівня вимогам галуzeвих стандартів вищої освіти.

## **4.3. ЛЕКЦІЯ №2. Основні положення гідростатики**

### **Змістовий модуль 1 «ГІДРОСТАТИКА»**

**Тема:** Основні положення гідростатики.

**Мета.** Вивчити основне рівняння гідростатики. Ознайомитися з видами тиску, а також з будовою і принципом дії приладів для вимірювання тиску.

#### **План лекції**

1. Гідростатичний тиск та його властивості.
2. Основне рівняння гідростатики та його геометрична інтерпретація.
3. Види тиску.
4. Вимірювання тиску.
5. Диференційні рівняння рівноваги рідини (рівняння Ейлера).
6. Гідростатичний напір, п'єзометрична та вакуумметрична висоти.

#### **Рекомендована література**

1. Гідравліка та її використання в агропромисловому комплексі. / В.А. Дідур, О.Д. Савченко, Д.П. Журавель, С.І. Мовчан; - К.: Аграрна освіта, 2008. - 577 с. (с. 13-33).
2. Гідравліка, сільськогосподарське водопостачання та гідропневмопривод. / В.А. Дідур, О.Д. Савченко, С.І. Пастушенко, С.І. Мовчан; - Запоріжжя: Прем'єр, 2005. - 464 с. (с. 13-30).
3. Рогалевич Ю.П. Гідравліка / Ю.П. Рогалевич; - К.: Вища школа, 1993.-255 с. (с. 10-17).
4. Палишкин, Н. А. Гидравлика и сельскохозяйственное водоснабжение /Н.А. Палишкин; - М.: Агропромиздат, 1990. -351 с. (с. 14-22).
5. Исаев А.П. Гидравлика и гидромеханизация сельскохозяйственных процессов / А.П. Исаев, Б.И. Сергеев, В.А. Дидур; - М.: Агропромиздат, 1990. - 400с. (с. 13-25).
6. Карасев Б.В. Гидравлика, основы сельскохозяйственного водоснабжения и канализации / Б.В. Карасев;-Минск: «Высшая школа», 1983 - 288 с. (с. 7-15).
7. Костюченко З.В. Практикум по гидравлике и гидромеханизации сельскохозяйственных процессов / З.В. Костюченко, В.И. Лаптев, Л.А Холодок; - Минск, Ураджай, 1991.- 272 с. (с. 7-53).

6. Карасев Б.В. Гидравлика, основы сельскохозяйственного водоснабжения и канализации / Б.В. Карасев; - Минск: «Высшая школа», 1983 - 288 с. (с. 33-43).
7. Костюченко З.В. Практикум по гидравлике и гидромеханизации сельскохозяйственных процессов / З.В. Костюченко, В.И. Лаптев, Л.А. Холодок; - Минск, Ураджай, 1991.-272 с. (с. 73-77, 86-102).

### **5.2.5. Лабораторне заняття № 5.**

#### **Дослідження втрат напору місцевих опорів**

**Тема заняття:** Дослідження втрат напору місцевих опорів.

**Мета роботи:** Ознайомитись з причинами та особливостями виникнення місцевих втрат напору, засвоїти методику експериментального визначення коефіцієнтів місцевих опорів різних типів.

#### **Зміст заняття**

1. Ознайомитись з лабораторною установкою для дослідження місцевих опорів.
2. Заповнити бак лабораторної установки водою при кімнатній температурі.
3. Провести досліди, пропускаючи воду по трубопроводу.
4. Зняти відповідні заміри за допомогою п'єзометричних трубок.
5. Занести дані в таблицю і обробити їх.
6. Оформити звіт про виконану роботу.

#### **Обладнання, прилади, матеріали, інструмент**

Вода при кімнатній температурі, насосна установка, лабораторна установка, мірне відро, лінійка вимірювальна, електронно-обчислювальна машина, секундомір.

#### **Теоретична частина**

Місцеві опори являють собою короткі ділянки трубопроводів, на яких вектори миттєвої швидкості потоку змінюються за величиною або напрямком внаслідок зміни розмірів, конфігурації чи орієнтації каналу у просторі. При цьому виникає певна деформація потоку, яка неодмінно супроводжується втратами частини гідравлічної енергії рідини. Такі втрати енергії, віднесені до одиниці маси рідини, називають місцевими втратами напору.

Місцеві опори мають місце практично у всіх трубопроводах будь-якої гідравлічної системи, і тому точне визначення втрат напору на них є неодмінною умовою правильного встановлення параметрів насосних станцій або інших джерел приведення рідини у рух.

Найпростіші місцеві опори поділяють на такі три групи: 1) розширення; 2) звуження; 3) поворот русла. Більш складні випадки місцевих



### 6.2.3. Практичне заняття № 3.

#### Закон Архімеда. Машини, які працюють на принципі законів гідростатики

**Тема:** Закон Архімеда. Машини, які працюють на принципі законів гідростатики

**Мета:** Навчитись розв'язувати задачі використовуючи формули по темі: «Закон Архімеда. Машини, які працюють на принципі законів гідростатики»

#### Рекомендована література

1. Гідравліка та її використання в агропромисловому комплексі / В.А. Дідур, О.Д. Савченко, Д.П. Журавель, С.І. Мовчан; - К.: Аграрна освіта, 2008. - 577 с. (с. 34-47).
2. Гідравліка, сільськогосподарське водопостачання та гідропневмопривод. / В.А. Дідур, О.Д. Савченко, С.І. Пастушенко, С.Г. Мовчан; - Запоріжжя: Прем'єр, 2005. - 464 с. (с. 30-40).
3. Рогалевич, Ю.П. Гідравліка / Ю.П. Рогалевич; - К.: Вища школа, 1993.-255 с. (с. 10-48).
4. Палишкин, Н. А. Гидравлика и сельскохозяйственное водоснабжение /Н.А. Палишкин; - М.: Агропромиздат, 1990. -351 с. (с. 22-34).
5. Исаев, А.П. Гидравлика и гидромеханизация сельскохозяйственных процессов / А.П. Исаев, Б.И. Сергеев, В.А. Дидур; - М.: Агропромиздат, 1990. - 400 с. (с. 25-34).
6. Карасев, Б.В. Гидравлика, основы сельскохозяйственного водоснабжения и канализации / Б.В. Карасев; - Минск: «Высшая школа», 1983 - 288 с. (с. 14-23).
7. Костюченко, З.В. Практикум по гидравлике и гидромеханизации сельскохозяйственных процессов / З.В. Костюченко, В.И. Лаптев, Л.А. Холодок; - Минск, Ураджай, 1991.-272 с. (с. 53-64).

#### Теоретична частина

#### Закон Архімеда

**Закон Архімеда** формулюється так: на занурене в рідину тіло діє виштовхуюча сила  $P_v$ , напрямлена знизу вгору, яка дорівнює вазі рідини, витисненої тілом.

Для обґрунтування сказаного розглянемо занурене в рідину у відкритій посудині циліндричної форми тіло, яке знаходиться в стані рівноваги (рис. 6.24). Висота тіла  $H$ , а площа нижньої та верхньої основ циліндра  $\omega$ . Діючі на бокову поверхню сили гідростатичного тиску взаємно врівноважуються і в розрахунках не враховуються. Таким чином, до уваги беруться тільки сила ваги тіла і сили, які діють на верхню й нижню основи.